

216

Circular  
TécnicaSete Lagoas, MG  
Julho, 2016

## Autores

**Rubens Augusto de Miranda**  
Economista, DSc. Embrapa  
Milho e Sorgo, Cx. Postal  
151, 35700-191 Sete Lagoas,  
MG,  
rubens.miranda@embrapa.  
br

## André May

Eng.-Agrôn., D.Sc. em  
Fitotecnia, Pesquisador da  
Embrapa Milho e Sorgo,  
Embrapa Milho e Sorgo, Cx.  
Postal 151, 35700-191 Sete  
Lagoas, MG,  
andre.may@embrapa.br

## Análise dos Custos de Produção do Sorgo Biomassa para a Geração de Energia Elétrica e Sorgo Sacarino para a Produção de Etanol e Energia

### Introdução

A busca por fontes alternativas viáveis para a geração de energia tem desafiado a pesquisa ao redor do globo nas últimas décadas. A atual baixa do preço do petróleo torna essa busca ainda mais desafiadora. Dificilmente fontes de energia alternativa conseguem apresentar alguma viabilidade econômica com o barril de petróleo apresentando baixos valores no mercado internacional. Entretanto, é preciso ressaltar que essa é uma situação transitória, mas que tem efeitos negativos sobre o investimento em P&D no curto prazo.

O sorgo sacarino e o sorgo lignocelulósico (ou sorgo biomassa) têm demonstrado potencial tanto para a produção de combustível como para a produção energia por meio da queima da sua massa vegetal, em razão da versatilidade dessas culturas, principalmente em função do ciclo curto, que possibilita inserção em diversos sistemas produtivos.

Existem diversos tipos de sorgo, com peculiaridades que os indicam para usos distintos. Assim, dentre eles, destacam-se o sorgo biomassa ou sorgo lignocelulósico, para a produção de biomassa e de energia a partir da queima desta biomassa, e o sorgo sacarino, com o qual se produz etanol e também biomassa. Por possibilitarem plantio totalmente mecanizável e processamento utilizando a mesma tecnologia industrial desenvolvida para a cana-de-açúcar, essas culturas têm despertado interesses do setor sucroalcooleiro e energético. Nesse ponto, merece destaque o fato de que o bagaço do sorgo sacarino apresenta poder calorífico equivalente ao bagaço de cana, sendo bastante eficiente na cogeração de energia.

O objetivo desta Circular é fornecer informações relativas aos custos de produção e da viabilidade econômica do uso de sorgo para a produção de biomassa para queima, assim como do uso do sorgo sacarino para a produção de etanol.

### Custo de Produção do Sorgo Biomassa para a Geração de Energia

Atualmente, o sorgo biomassa tem sido cotado como uma das mais importantes alternativas para a geração de energia através da queima da massa vegetal em caldeiras, associadas a termelétricas ou em usinas sucroenergéticas, em função da sua elevada capacidade produtiva, em curto espaço de tempo, e do poder calorífico mediano, gerado pela queima de sua biomassa. Contudo, como qualquer cultura industrial,

com elevado nível de utilização de sistemas mecanizados, os seus custos produtivos são impactantes para o estabelecimento de grandes empreendimentos.

Assim, a mensuração dos custos de produção de sorgo biomassa foi feita sob dois cenários de arranjo produtivo, um considerando o preparo convencional do solo e outro com semeio direto na palha da cana, no chamado plantio direto. Os custos foram discriminados nas seguintes etapas de custeio: 1) preparo do solo; 2) plantio; 3) condução da lavoura; 4) colheita e transporte; 5) industrial; e 6) arrendamento e remuneração de capital. Lembrando que no plantio direto não há a etapa de preparo do solo. As primeiras etapas estão relacionadas ao custo operacional e a última etapa refere-se à remuneração dos fatores.

Inicialmente, apresentam-se os custos operacionais de produção pelo modo de preparo convencional do solo, para, em seguida, apresentar os referidos custos pelo plantio direto.

O Quadro 4 trata dos custos vinculados a co-

lheita e transporte. É importante ressaltar que o custo do transporte terceirizado do sorgo pode oscilar consideravelmente entre as regiões do país, podendo se constituir até mesmo em gargalo.

Em relação ao custo agrícola de produção do sorgo biomassa no sistema de plantio direto, temos:

Como dito antes, as etapas de custeio anteriores compõem o custo operacional de produção do sorgo biomassa. Para a mensuração do custo de produção total é necessário considerar a remuneração de fatores, terra e capital, assim como despesas administrativas.

Segundo orientação metodológica da Conab (2010), a remuneração da terra foi calculada considerando 3% do preço médio da terra na região. Para as despesas administrativas, foi considerado um valor médio de 6% sobre o custeio operacional. O cálculo do custo deste último foi feito a partir da taxa de 6% sobre a soma do custeio operacional, com o custo da terra e despesas administrativas.

**Quadro 1.** Custos de preparo do solo para plantio de sorgo biomassa, safra 2014/15 (preparo convencional).

Operação	Descrição	Rendimento valor	Unidade	Valores unitários	Valores de uso (R\$/ha)
Dessecação	Trator 120 CV	0,26	h/ha	R\$ 97,24	R\$ 25,28
	Roundup	4	l/ha	R\$ 17,86	R\$ 71,46
Terraceamento	Trator 250 CV	0,50	h/ha	R\$ 97,24	R\$ 48,62
	Motoniveladora	0,50	h/ha	R\$ 115,34	R\$ 57,67
Gradagem Pesada	Trator 250 CV	0,53	h/ha	R\$ 97,24	R\$ 51,54
	Grade Aradora	0,53	h/ha	R\$ 18,02	R\$ 9,55
Distribuição de Calcário	Trator 120 CV	0,26	h/ha	R\$ 97,24	R\$ 25,28
	Calcário	3,50	t/ha	R\$ 86,50	R\$ 302,75
	Centrífugas	0,08	h/ha	R\$ 44,30	R\$ 3,54
Grade Niveladora	Trator 120 CV	0,26	h/ha	R\$ 97,24	R\$ 25,28
	Grade Niveladora	0,26	h/ha	R\$ 18,02	R\$ 4,69
<b>Total</b>					<b>R\$ 625,67</b>

Fonte: Elaboração própria

**Quadro 2.** Custos de plantio de sorgo biomassa, safra 2014/15 (preparo convencional).

Operação	Recurso	Rendimento valor	Unidade	Valores unitários	Valores de uso (R\$/ha)
Semeadura	Trator - 250 CV	0,167	h/ha	R\$ 203,84	R\$ 34,04
	Plantadeira de 24 linhas	0,167	h/ha	R\$ 847,40	R\$ 141,52
Adubação	Fórmula 08-28-16	0,45	t/ha	R\$ 991,46	R\$ 446,16
Sementes de sorgo		4,00	kg/ha	R\$ 75,00	R\$ 300,00
<b>Total</b>					<b>R\$ 921,71</b>

Fonte: Elaboração própria

**Quadro 3.** Custos da condução da lavoura de sorgo biomassa, safra 2014/15 (preparo convencional).

Operação	Recurso	Rendimento valor	Valores		Valores de uso (R\$/ha)
			Unidade	unitário	
Aplicação de Herbicida	Pulverizador autopropelido	0,018	h/ha	R\$ 229,00	R\$ 4,12
	Atrazina	3,00	l/ha	R\$ 13,96	R\$ 41,88
Primeira aplicação defensivos	Pulverizador autopropelido	0,018	h/ha	R\$ 229,00	R\$ 4,12
	Lannate	1,000	l/ha	R\$ 20,59	R\$ 20,59
	Tracer	0,06	l/ha	R\$ 834,14	R\$ 50,05
Segunda aplicação defensivos	Pulverizador autopropelido	0,018	h/ha	R\$ 229,00	R\$ 4,12
	Match	0,3	l/ha	R\$ 65,09	R\$ 19,53
	Premio	0,03	l/ha	R\$ 1.127,72	R\$ 28,19
Terceira aplicação defensivos	Pulverizador autopropelido	0,018	h/ha	R\$ 229,00	R\$ 4,12
	Altacor	0,06	kg/ha	R\$ 1.127,72	R\$ 67,66
Adubação de cobertura	Trator 120 CV	0,08	h/ha	R\$ 97,24	R\$ 7,78
	Adubadeira a lanço	0,08	h/ha	R\$ 44,30	R\$ 3,54
	Fórmula 20-00-20	0,35	t/ha	R\$ 1.269,30	R\$ 444,26
Dessecação	Avião - Pulv. Aérea	0,05	h/v	R\$ 360,00	R\$ 18,00
	Roundup	3	l/ha	R\$ 17,86	R\$ 53,59
<b>Total</b>					<b>R\$ 771,56</b>

Fonte: Elaboração própria

**Quadro 4.** Custos de colheita e transporte do sorgo biomassa, safra 2014/15 (preparo convencional).

Operação	Recurso	Rendimento valor	Unidade	Valores unitário	Valores de uso (R\$/ha)
Colheita e Transporte de sorgo	Serviço Terceirizado	58,6	t	R\$ 40,00	R\$ 2.344,00
<b>Total</b>					<b>R\$ 2.344,00</b>

Fonte: Elaboração própria

**Quadro 5.** Custo industrial da produção de energia, safra 2014/15 (preparo convencional).

Operação	Recurso	Rendimento valor	Unidade	Valores unitários	Valores de uso (R\$/ha)
Produção de energia	Turbinas e geradores	88,60	MW/h	R\$ 20,00	R\$1.771,95
<b>Total</b>					

Fonte: Elaboração própria

**Quadro 6.** Custos de plantio do sorgo biomassa, safra 2014/15 (plantio direto).

Operação	Recurso	Rendimento valor	Unidade	Valores unitários	Valores de uso (R\$/ha)
Dessecação	Trator 120 CV	0,26	h/ha	R\$ 97,24	R\$ 25,28
	Roundup	4	l/ha	R\$ 17,86	R\$ 71,46
Semeadura	Trator - 250 CV	0,167	h/ha	R\$ 203,84	R\$ 34,04
	Plantadeira de 24 linhas	0,167	h/ha	R\$ 847,40	R\$ 141,52
Adubação	Fórmula 08-28-16	0,45	t/ha	R\$ 991,46	R\$ 446,16
Sementes de sorgo		4,00	kg/ha	R\$ 75,00	R\$ 300,00
<b>Total</b>					<b>R\$ 1.018,45</b>

Fonte: Elaboração própria

**Quadro 7.** Custos da condução da lavoura de sorgo biomassa, safra 2014/15 (plantio direto).

Operação	Recurso	Rendimento valor	Unidade	Valores unitários	Valores de uso (R\$/ha)
Aplicação de Herbicida	Pulverizador autopropelido	0,018	h/ha	R\$ 229,00	R\$ 4,12
	Atrazina	3,00	l/ha	R\$ 13,96	R\$ 41,88
Primeira aplicação defensivos	Pulverizador autopropelido	0,018	h/ha	R\$ 229,00	R\$ 4,12
	Lannate	1,000	l/ha	R\$ 20,59	R\$ 20,59
	Tracer	0,06	l/ha	R\$ 834,14	R\$ 50,05
Segunda aplicação defensivos	Pulverizador autopropelido	0,018	h/ha	R\$ 229,00	R\$ 4,12
	Match	0,3	l/ha	R\$ 65,09	R\$ 19,53
	Premio	0,03	l/ha	R\$ 1.127,72	R\$ 28,19
Terceira aplicação defensivos	Pulverizador autopropelido	0,018	h/ha	R\$ 229,00	R\$ 4,12
	Altacor	0,06	kg/ha	R\$1.127,72	R\$ 67,66
Adubação de cobertura	Trator 120 CV	0,08	h/ha	R\$ 97,24	R\$ 7,78
	Adubadeira a lanço	0,08	h/ha	R\$ 44,30	R\$ 3,54
	Fórmula 20-00-20	0,70	t/ha	R\$ 1.269,30	R\$ 888,51
Dessecação	Avião - Pulv. Aérea	0,05	h/v	R\$ 360,00	R\$ 18,00
	Roundup	3	l/ha	R\$ 17,86	R\$ 53,59
<b>Total</b>					<b>R\$ 1.215,81</b>

Fonte: Elaboração própria

**Quadro 8.** Custos de colheita e transporte do sorgo biomassa, safra 2014/15 (plantio direto)

Operação	Recurso	Rendimento valor	unidade	Valores unitários	Valores de uso (R\$/ha)
Colheita e Transporte de sorgo	Serviço Terceirizado	32,30	t	R\$ 40,00	R\$ 1.292,00
<b>Total</b>					<b>R\$ 1.292,00</b>

Fonte: Elaboração própria

Quadro 9. Custo Industrial para produção de energia, safra 2014/15 (plantio direto)

Operação	Recurso	Rendimento valor	Unidade	Valores unitários	Valores de uso (R\$/ha)
Produção de energia	Turbinas e geradores	48,83	MW/h	R\$ 20,00	R\$ 976,69
<b>Total</b>					<b>R\$ 976,69</b>

Fonte: Elaboração própria

Quadro 10. Custos totais para produção de sorgo biomassa pelos sistemas de preparo convencional e plantio direto na safra 2014/15

	Plantio Convencional		Plantio Direto	
	R\$/ha	%	R\$/ha	%
Preparo do solo	625,67	7,89%		
Plantio	921,71	11,63%	R\$ 1.018,45	16,22%
Tratos culturais	771,56	9,74%	R\$ 1.215,81	19,36%
Colheita e transporte	2.344,00	29,58%	R\$ 1.292,00	20,57%
Industrial	1.771,95	22,36%	R\$ 976,69	21,53%
<b>Custo operacional total</b>	<b>6.434,89</b>	<b>81,19%</b>	<b>R\$ 4.502,95</b>	<b>77,68%</b>
Remuneração terra	655,75	8,27%	R\$ 655,75	10,44%
Custo administrativo	386,09	4,87%	R\$ 270,18	6,21%
Remuneração do capital	448,60	5,66%	R\$ 325,73	5,66%
<b>Custo Total</b>	<b>7.925,33</b>	<b>100,00%</b>	<b>R\$ 5.754,61</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: Elaboração própria

No preparo convencional, o custo de produção total no valor de R\$ 7.925,33 por hectare foi estimado para a produção de 58,6 toneladas de matéria seca com 60% de umidade, enquanto o custo operacional total foi de R\$ 6.434,89. A princípio, a economia no preparo do solo no plantio direto é compensada pelo maior gasto na adubação de cobertura. Entretanto há também uma queda de produtividade com a produção de biomassa, caindo para 32,3 toneladas de matéria seca com 60% de umidade, diminuindo o custo de colheita, transporte e industrial. Assim, o custo de produção de sorgo biomassa para geração de energia é menor no plantio direto, sendo R\$ 4.502,95 de custo operacional e R\$ 5.754,61 de custo total.

Considerando que, na média, 1 kg de massa seca de sorgo biomassa com 60% de umidade gera 1.300 kcal, os referidos custos de produção no preparo convencional relacionam-se à produção de 46.800.000 Kcal/ha. Tendo por base a taxa de conversão de 0,000001163 MWH/Kcal, as 58,6 toneladas de sorgo biomassa são capazes de produzir 88,60 MW/h de energia. Assim, analisando a produção de energia por hectare plantado de sorgo e dos custos de produção apresentados, o negócio passa a pagar os custos operacionais de produção a partir de R\$ 72,63 MW/h, e os custos totais (que já incorporam um lucro básico com a remuneração da terra e do capital) com o valor da energia de R\$ 89,45 MW/h, a partir do

qual são obtidos lucros extraordinários (acima da média do mercado). Por outro lado, a despeito do menor custo de produção, o sorgo biomassa pelo plantio direto gera apenas 48,83 MW/h (com 32,30 t de matéria seca), sendo que os custos operacionais são pagos com a energia custando a partir de R\$ 92,20. O indica uma maior rentabilidade do sorgo biomassa plantado de forma convencional.

Uma das características do mercado atacadista de energia é a variabilidade temporal e regional dos preços, que podem prejudicar a rentabilidade, ou mesmo inviabilizar o negócio, dependendo da região e da época. Para ilustrar essa ideia, o teto dos preços da energia spot no Brasil no início de 2012 chegou a R\$ 12,20, o que não pagaria os custos agrícolas do sorgo biomassa em 2015, em ambos os cenários (CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 2015). Entretanto, o teto dos preços de energia spot no Brasil nos primeiros 5 meses de 2015 foi de R\$ 388,48 (a exceção é a região Norte), o que, com tudo

o mais constante, configurou investimento que não somente pagou os custos agrícolas e também os industriais, mas também gerou um resultado muito positivo. Lembrando que em 2014, o valor do MW/h chegou a ultrapassar a casa dos R\$ 800,00 em todas as regiões do país.

### **Custo de Produção e Viabilidade Econômica da Produção de Etanol e Cogeração de Energia do Sorgo Sacarino**

O sorgo sacarino, por possuir o colmo rico em açúcares, tem potencial para produzir etanol em quantidades economicamente viáveis na entressafra de cana-de-açúcar, além de possibilitar a cogeração de energia com o bagaço. No preparo do solo do sorgo sacarino, considerou-se apenas o convencional. Na análise dos custos de produção foram utilizadas as mesmas etapas do sorgo biomassa, apresentadas a seguir.

**Quadro 11.** Custos de preparo do solo para produção de sorgo sacarino, safra 2014/15

Operação	Descrição	Rendimento valor	Unidade	Valores unitários	Valores de uso (R\$/ha)
Dessecação	Trator 120 CV	0,26	h/ha	R\$ 97,24	R\$ 25,28
	Roundup	4	l/ha	R\$ 17,86	R\$ 71,46
Terraceamento	Trator 250 CV	0,50	h/ha	R\$ 97,24	R\$ 48,62
	Motoniveladora	0,50	h/ha	R\$ 115,34	R\$ 57,67
Gradagem Pesada	Trator 250 CV	0,53	h/ha	R\$ 97,24	R\$ 51,54
	Grade Aradora	0,53	h/ha	R\$ 18,02	R\$ 9,55
Distribuição de Calcário	Trator 120 CV	0,26	h/ha	R\$ 97,24	R\$ 25,28
	Calcário	3,50	t/ha	R\$ 86,50	R\$ 302,75
	Centrífugas	0,08	h/ha	R\$ 44,30	R\$ 3,54
Grade Niveladora	Trator 120 CV	0,26	h/ha	R\$ 97,24	R\$ 25,28
	Grade Niveladora	0,26	h/ha	R\$ 18,02	R\$ 4,69
<b>Total</b>					<b>R\$ 625,67</b>

Fonte: Elaboração própria



**Quadro 12.** Custos de plantio de sorgo sacarino, safra 2014/15

Operação	Recurso	Rendimento valor	Unidade	Valores unitários	Valores de uso (R\$/ha)
Semeadura	Trator - 250 CV com	0,167	h/ha	R\$ 203,84	R\$ 34,04
	Plantadeira de 24 linhas	0,167	h/ha	R\$ 847,40	R\$ 141,52
Adubação Sementes de sorgo	Fórmula 08-28-16	0,45	t/ha	R\$ 991,46	R\$ 446,16
		4,00	kg/ha	R\$ 75,00	R\$ 300,00
<b>Total</b>					<b>R\$ 921,71</b>

Fonte: Elaboração própria

**Quadro 13.** Condução da lavoura de sorgo sacarino, safra 2014/15

Operação	Recurso	Rendimento valor	Unidade	Valores unitário	Valores uso (R\$/ha)
Aplicação de Herbicida	Pulverizador autopropelido	0,018	h/ha	R\$ 229,00	R\$ 4,12
	Atrazina	3,00	l/ha	R\$ 13,96	R\$ 41,88
Primeira aplicação defensivos	Pulverizador autopropelido	0,018	h/ha	R\$ 229,00	R\$ 4,12
	Lannate	1,000	l/ha	R\$ 20,59	R\$ 20,59
	Tracer	0,06	l/ha	R\$ 834,14	R\$ 50,05
Segunda aplicação defensivos	Pulverizador autopropelido	0,018	h/ha	R\$ 229,00	R\$ 4,12
	Match	0,3	l/ha	R\$ 65,09	R\$ 19,53
	Premio	0,03	l/ha	R\$ 1.127,72	R\$ 28,19
Terceira aplicação defensivos	Pulverizador autopropelido	0,018	h/ha	R\$ 229,00	R\$ 4,12
	Altacor	0,06	kg/ha	R\$ 1.127,72	R\$ 67,66
Adubação de cobertura	Trator 120 CV	0,08	h/ha	R\$ 97,24	R\$ 7,78
	Adubadeira a lança	0,08	h/ha	R\$ 44,30	R\$ 3,54
	Fórmula 20-00-20	0,35	t/ha	R\$ 1.269,30	R\$ 444,26
<b>Total</b>					<b>R\$ 699,97</b>

Fonte: Elaboração própria

O Quadro 14 trata dos custos vinculados a colheita e transporte. Assim, como para o sorgo biomassa, o custo do transporte terceirizado do sorgo pode oscilar consideravelmente entre as regiões do país, se constituindo em um gargalo quando transportado a grandes distâncias até a usina.

Como dito antes, as etapas de custeio anteriores compõem o custo operacional de produção do sorgo sacarino para produção de etanol e cogeração de energia. Para a mensuração do custo de produção total é necessário considerar a remuneração de fatores, terra e capital, assim como despesas administrativas. A orientação metodológica foi a mesma utilizada para o sorgo biomassa, e o Quadro 16 apresenta o resumo geral.



**Quadro 14.** Custos de colheita e transporte do sorgo sacarino, safra 2014/15

Operação	Recurso	Rendimento		Valores	
		valor	unidade	unitário	uso (R\$/ha)
Corte de sorgo - mecânica	Colheitadeira	0,75	h /ha	R\$ 850,18	R\$ 637,64
Reboque de Julieta	Serviço Terceirizado	40,00	t	R\$ 1,98	R\$ 79,20
Transporte de sorgo	Serviço Terceirizado	40,00	t	R\$ 8,57	R\$ 342,80
<b>Total</b>					<b>R\$ 1.059,64</b>

**Quadro 15.** Custo industrial para produção de etanol e cogeração de energia, safra 2014/15

Operação	Recurso	Rendimento		Valores	
		valor	unidade	unitário	uso (R\$/ha)
Produção de etanol	Colheitadeira	0,75	h /ha	R\$ 15,00	R\$ 600,00
Produção de energia	Serviço Terceirizado	40,00	t	R\$ 20,00	R\$ 502,42
<b>Total</b>					<b>R\$ 1.102,42</b>

Fonte: Elaboração própria

**Quadro 16.** Custos totais do cultivo de sorgo sacarino para a produção de etanol e cogeração de energia na safra 2014/15

	R\$/ha	%
Preparo do solo	625,67	11,07%
Plantio	921,71	16,31%
Tratos culturais	699,97	12,39%
Colheita e transporte	1.059,64	18,76%
Industrial	1.102,42	19,51%
<b>Custo operacional total</b>	<b>4.409,40</b>	<b>78,05%</b>
Remuneração terra	655,75	11,61%
Custo administrativo	264,56	4,68%
Remuneração do capital	319,78	5,66%
<b>Custo total</b>	<b>5.649,49</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: Elaboração própria

O custo operacional de produção ficou em R\$ 4.409,40 por hectare, com uma estimativa de produção de 40 toneladas de biomassa, com rendimento de etanol hidratado de 2.500 L/ha e 12 toneladas de bagaço para queima. Somada a remuneração dos fatores, o custo total

de produção foi calculado em R\$ 5.649,49. Os custos industriais para a produção de etanol e queima do bagaço resultaram na rubrica de custeio mais elevada, respondendo por 19,51% dos custos totais, seguido do custo de colheita e transporte, com 18,76%.

Segundo informações do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - ESALQ/USP (2015), para os primeiros 4 meses do ano de 2015, o preço médio do etanol hidratado recebido pelos produtores no Estado de São Paulo foi de R\$ 1,3083. Considerando o rendimento médio de 2.500 L/ha de etanol hidratado produzido com sorgo sacarino, há um faturamento de R\$ 3.270,75 para a produção de combustível. Desconsiderando a cogeração de energia, há um prejuízo operacional de R\$ 1.138,65. Para ser operacionalmente viável, seria necessário, no mínimo, um acréscimo de 34,8% no preço do etanol ou a obtenção de, pelo menos, 3.370,3 L/ha de etanol. Entretanto, em se tratando de viabilidade econômica, para pagar os custos totais, deveria ocorrer o acréscimo de 126% no preço do etanol ou a produção alcançar 4.318,2 L/ha.

No que tange a cogeração de energia, considerando que, na média, 1 kg de massa seca de sorgo biomassa com 50% de umidade gera 1.800 kcal, os referidos custos de produção no preparo convencional relacionam-se à produção de 21.600.000 Kcal/ha. Tendo por base a taxa de conversão de 0,000001163 MWH/Kcal, as 12 toneladas do bagaço de sorgo sacarino são capazes de produzir 25,1208 MW/h de energia. Para pagar os custos operacionais restantes, o preço da energia precisa estar fixado a partir de R\$ 45,33. Em relação aos custos totais (que já incorporam um lucro básico com a remuneração da terra e do capital), a energia precisa estar valendo pelo menos R\$ 94,69 o MW/h, somada a receita do etanol, para a ocorrência de lucro extraordinário (acima da média do mercado).

Poder-se-ia considerar também o preço do combustível mínimo para pagamento dos custos operacionais e totais, mas as oscilações observadas no preço da energia de um ano para outro são muito superiores às do preço do combustível.

## Considerações Finais

Em decorrência da falta de chuvas que assolou diversas regiões do país, em 2014 e 2015, o preço da energia atingiu valores recordes. Tal fato despertou o interesse em culturas com potencial de produção de energia via queima de biomassa. Dentre as possibilidades, o sorgo lignocelulósico (ou sorgo biomassa) e o sorgo sacarino são culturas promissoras, que no presente estudo apresentaram grande rentabilidade frente ao preço da energia vigente. No que tange aos gargalos, essas culturas se defrontam com as grandes oscilações dos preços da energia elétrica, que podem inviabilizar a utilização delas com o propósito de produção de energia de forma sustentável. Além disso, há a dificuldade oriunda da pouca familiaridade das usinas no que se refere a culturas de ciclo curto, cuja dificuldade no manejo impacta negativamente a produtividade.

## Referências

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA - ESALQ/USP. **Etanol**. Disponível em: <<http://cepea.esalq.usp.br/etanol/#>>. Acesso em: 10 jul. 2015.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Histórico de preços semanais**. Disponível em: <[http://www.ccee.org.br/portal/faces/pages\\_publico/o-que-fazemos/como\\_ccee\\_atua/precos/historico\\_preco\\_semanal?\\_afLoop=395491698912253#%40%3F\\_afLoop%3D395491698912253%26\\_adf.ctrl-state%3D1dmcw52p38\\_75](http://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/o-que-fazemos/como_ccee_atua/precos/historico_preco_semanal?_afLoop=395491698912253#%40%3F_afLoop%3D395491698912253%26_adf.ctrl-state%3D1dmcw52p38_75)>. Acesso em: 10 jul. 2015.

CONAB. **Custos de produção agrícola**: a metodologia da Conab. Brasília, 2010. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/custos.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2015.

## Anexo

O cálculo do custo das máquinas agrícolas foi feito a partir do somatório dos componentes depreciação, seguro, juros, salário e encargos do operador, manutenção e combustível, Quadro 7. Na depreciação utilizou-se a metodologia da Conab, que procede da seguinte forma:

Depreciação = (valor de compra – valor de venda) / vida útil (horas)

Em relação aos juros para aquisição da máquina, a mensuração pode ser feita a partir de estimativas de crédito que o agricultor obtém com recursos do crédito rural oficial, com taxas de juros preferenciais, e com recursos provenientes de fontes alternativas para a complementação do financiamento da lavoura, remunerados pela taxa SELIC. A título de simplificação foi considerado apenas a taxa SELIC.

A remuneração do operador foi calculada pelo salário médio de R\$ 1.200 somados 59% de encargos, totalizando R\$ 1.908,00. Considerando 4,33 semanas de 44 horas, o custo hora do operador ficou em R\$ 10,01.

O custo de manutenção adotado para máquinas e implementos agrícolas foi de 100% do valor de compra no período da vida útil.

O gasto com combustível está relacionado ao consumo hora da máquina, considerando um preço de R\$ 2,60 do litro de óleo diesel.

Para o cálculo do custo hora dos implementos agrícolas, procedeu-se da mesma forma que nos maquinários, excetuando-se os gastos com operador e combustível.

### Quadro 17. Custo das máquinas agrícolas

	Trator 120 cv	Trator 250 cv	Colheitadeira	Pulverizador
<b>Custos fixos</b>				
Depreciação	R\$ 7,11	R\$ 7,74	R\$ 144,76	R\$ 28,13
Seguro (1,5%)	R\$ 1,42	R\$ 1,55	R\$ 28,95	R\$ 5,63
Juros (12,25%)	R\$ 11,62	R\$ 12,63	R\$ 236,44	R\$ 45,94
<b>Total CF</b>	<b>R\$ 20,15</b>	<b>R\$ 21,92</b>	<b>R\$ 410,16</b>	<b>R\$ 79,69</b>
<b>Custos variáveis</b>				
Salário operador + encargos	R\$ 10,01	R\$ 10,01	R\$ 10,01	R\$ 10,01
Manutenção	R\$ 9,48	R\$ 10,31	R\$ 193,02	R\$ 37,50
Combustível	R\$ 54,60	R\$ 158,60	R\$ 234,00	R\$ 98,80
<b>Total CV</b>	<b>R\$ 74,10</b>	<b>R\$ 178,93</b>	<b>R\$ 437,03</b>	<b>R\$ 146,31</b>
<b>Total Hora-Máquina</b>	<b>R\$ 94,25</b>	<b>R\$ 200,85</b>	<b>R\$ 847,19</b>	<b>R\$ 226,00</b>

Fonte: Elaboração própria

**Quadro 18.** Custos dos implementos agrícolas

	Grade aradora	Grade Niveladora	Distrib. calcário	Adub. a lanço
<b>Custos fixos</b>				
Depreciação	R\$ 4,27	R\$ 4,27	R\$ 13,12	R\$ 13,12
Seguro (1,5%)	R\$ 1,01	R\$ 1,01	R\$ 1,97	R\$ 1,97
Juros (12,25%)	R\$ 8,25	R\$ 8,25	R\$ 16,08	R\$ 16,08
<b>Total CF</b>	<b>R\$ 13,53</b>	<b>R\$ 13,53</b>	<b>R\$ 31,17</b>	<b>R\$ 31,17</b>
<b>Custos variáveis</b>				
Manutenção	R\$ 4,49	R\$ 4,49	R\$ 13,12	R\$ 13,12
<b>Total CV</b>	<b>R\$ 4,49</b>	<b>R\$ 4,49</b>	<b>R\$ 13,12</b>	<b>R\$ 13,12</b>
<b>Total Hora-Máquina</b>	<b>R\$ 18,02</b>	<b>R\$ 18,02</b>	<b>R\$ 44,30</b>	<b>R\$ 44,30</b>

Fonte: Elaboração própria

**Quadro 19.** Custos dos implementos agrícolas

	Adubadeira	Pulverizador	Semeadeira 24 linhas
<b>Custos fixos</b>			
Depreciação	R\$ 71,87	R\$ 33,80	R\$ 208,33
Seguro (1,5%)	R\$ 16,17	R\$ 4,06	R\$ 46,88
Juros (12,25%)	R\$ 132,07	R\$ 33,12	R\$ 382,81
<b>Total CF</b>	<b>R\$ 220,11</b>	<b>R\$ 70,97</b>	<b>R\$ 638,02</b>
<b>Custos variáveis</b>			
Manutenção	R\$ 71,87	R\$ 33,80	R\$ 209,38
<b>Total CV</b>	<b>R\$ 71,87</b>	<b>R\$ 33,80</b>	<b>R\$ 209,38</b>
<b>Total Hora-Máquina</b>	<b>R\$ 291,98</b>	<b>R\$ 104,77</b>	<b>R\$ 847,40</b>

Fonte: Elaboração própria

**Circular  
Técnica, 216**

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:  
**Embrapa Milho e Sorgo**  
**Endereço:** Rod. MG 424 km 45 Caixa Postal 151  
 CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG  
**Fone:** (31) 3027 1100  
**Fax:** (31) 3027 1188  
[www.embrapa.br/fale-conosco](http://www.embrapa.br/fale-conosco)  
**1ª edição**  
**Versão Eletrônica (2016)**

MINISTÉRIO DA  
 AGRICULTURA, PECUÁRIA  
 E ABASTECIMENTO

**Comitê de  
publicações**

**Presidente:** Sidney Netto Parentoni.  
**Secretário-Executivo:** Elena Charlotte Landau.  
**Membros:** Antonio Claudio da Silva Barros,  
 Cynthia Maria Borges Damasceno, Maria Lúcia  
 Ferreira Simeone, Monica Matoso Campanha,  
 Roberto dos Santos Trindade e Rosângela Lacerda  
 de Castro.

**Expediente**

**Revisão de texto:** Antonio Claudio da Silva Barros.  
**Normalização bibliográfica:** Rosângela Lacerda de Castro.  
**Tratamento das ilustrações:** Tânia Mara A. Barbosa.  
**Editoração eletrônica:** Tânia Mara A. Barbosa.